

# Die Bestimmung der Innentemperatur $t_u$ von unbeheizten Räumen nach der Extrem-Methode

von Obering. Erich Schmidt VDI, Heidelberg

(Schluß)

Nachdem wir am Anfang unseres Berichtes das Nichterfassen der durch Fugenundichtheiten einströmenden Kaltluft in der DIN-Gleichung (1) monierten und somit glauben, durch die Einvernahme von  $Q_L$  in die Extrem-Methode etwas Komplexeres geschaffen zu haben, wird der Leser in unseren bisherigen Erklärungen und Berechnungen die Mitberücksichtigung des Lüftungswärmebedarfes jedoch vermißt haben. Hierauf wird im letzten Teil des Artikels näher eingegangen.

## Der Lüftungswärmebedarf $Q_L$ als mitbestimmend in der Extrem-Methode

Der Faktor  $Q_L$  ist im Vorgang der Extrem-Methode eine additive Größe, die dem Resultat  $Q_{AT}$  zuzuschlagen ist, hat also mit der Charakteristik der Grenzwertbestimmung als solche nichts zu tun. Hierbei wäre noch zu bemerken, daß wir den Begriff Lüftungswärme in unseren nachstehenden Ausführungen so behandeln, wie er in der DIN 4701 aufgefaßt wird, obwohl wir dazu neigen, die Ausführungen von E. Gerber in seiner Broschüre [1], als den wirklichen Verhältnissen näher kommend, für richtiger zu halten. Es wurde von uns bisher absichtlich die Mit-Hineinnahme von  $Q_L$  aus Gründen einer vereinfachten Beschreibung der Vorgänge, wie sie sich in der Extremmethode zur Bestimmung von  $t_u$  abspielen, fortgelassen.

In diesem Abschnitt beschäftigen wir uns nunmehr mit der Eingliederung des Lüftungswärmebedarfes. Es ist eigentlich verwunderlich, daß in dem Abschnitt 5.6 der DIN 4701—59 nur von den Wärmedurchgängen der Umfassungswände als Bedeutung für die Temperaturgestaltung der unbeheizten Räume gesprochen wird, nachdem vorher auf die Notwendigkeit einer Beachtung des neugeschaffenen Begriffes „Lüftungswärmebegriff“ als Sicherung der Erwärmung der Kaltluftmengen, die bei Windanfall durch die Undichtheiten der Fenster und Türen einströmen, ausführlich und eindringlich hingewiesen wurde.

Die mathematische Struktur der Proportional-Gleichung erlaubt nicht die Eingliederung der Gleichung des Lüftungswärmebedarfes

$$Q_L = \sum (\alpha \cdot l)_A \cdot R \cdot H \cdot (t_i - t_a) \cdot Z_E$$

Wir wollen annehmen, daß dies der Grund war, den Anfall von  $Q_L$  in der Bestimmung von  $t_u$  zu übersehen und dies vielleicht auch in der Begründung, daß die Auswirkung von  $Q_L$  keinen großen Einfluß auf die Temperaturgestaltung haben möge. Das mag in vielen Fällen auch stimmen, in vielen Fällen aber nicht, und gar nicht bei den (wie schon oben einmal erwähnt) am meisten vorkommenden Anforderungen der  $t_u$ -Bestimmung von über beheizten Räumen liegenden Dachgeschossen.

Schon in dem einfachen, im Bild 1 dargestellten Beispiel ist es nicht angängig, den Einfluß der durch die Fugenundichtheiten der vom Nordwind angeblasenen Fenster einströmenden Kaltluft bei der Bestimmung von  $t_u$  außer Beachtung zu lassen, wie es im Nachfolgenden bewiesen wird. Gemäß Tabelle 1:

$$Q_{AO} = 1215 \text{ kcal/h} \quad Q_{EO} = 2880 \text{ kcal/h}$$

Nach DIN 4701 ist der Lüftungswärmebedarf aber auf  $Q_T$  anzuwenden, wir müssen also obige  $Q$ -Angaben mit dem  $Z$ -Faktor, den wir mit 1,15 annehmen wollen, multiplizieren:

$$Q_{AT} = 1215 \times 1,15 = 1400 \text{ kcal/h}$$

$$\text{und } Q_{ET} = 2880 \times 1,15 = 3310 \text{ kcal/h}$$

Der Lüftungswärmebedarf errechnet sich unter Einsatz von:  
Fensterfugen pro Fenster 9,75 m

$$\begin{aligned} \alpha &= 1,5 \\ H &= 0,34 \\ R &= 0,9 \end{aligned}$$

$$Q_L = 2(9,75 \times 1,5) \times 0,34 \times 0,9 \times 35 = 325 \text{ kcal/h}$$

somit die beiden Grenzwerte

$$\begin{aligned} Q_{AT} &= 1400 \\ + Q_L &= 325 \\ &= 1725 \text{ kcal/h} \end{aligned}$$

$$Q_{ET} = 3310 \text{ kcal/h}$$

Die Ablesung nach Diagramm Bild 7

$$t_u = 8,1^\circ \text{ C}$$

und Wärmegleichheit mit 1140 kcal/h.

Das ist im Vergleich zu unserer Berechnung des Wärmeausgleiches (Teil 1) mit 860 kcal/h

$$\text{ein Mehrbedarf von } 1140 - 860 = 280 \text{ kcal/h}$$

der zu Lasten der Wärmeleistung der in den 3 umgebenden Warmräumen aufgestellten Radiatoren geht.

Hier drängt sich uns ein Problem auf, nämlich in der Frage: ist es richtig, die  $Q_E$ -Seite innerhalb unserer Extrem-Methode mit dem  $Z$ -Faktor zu beaufschlagen?

Richten wir uns nach der im DIN 4701 geübten Methode, dann muß  $Q_E$  diesen Zuschlag erhalten denn auch dort wird der Wärmegewinn als  $-q_0$ -Faktor in den  $z_D + z_H$ -Zuschlag mit hinein genommen.

Gehen wir aber von einer praktischen wärmetechnischen Überlegung aus, dann dürfte folgerichtig die  $Q_E$ -Seite nicht den  $Z$ -Faktor-Zuschlag erhalten, denn die  $q_0$ -Faktoren ihrer Bauelemente unterliegen weder den von  $z_A$  noch den von  $z_H$  ausgehenden Einflüssen.

Unter diesem Aspekt würde sich unsere obige Grenzwertbestimmung (auch unter Fortfall des  $z_L$ -Einflusses) umändern in:

$$\begin{aligned} Q_{AT} + Q_L &= 1725 \text{ kcal/h} \\ \text{und } Q_{EO} &= 2880 \text{ kcal/h} \end{aligned}$$

und daraus gemäß Ablesung Diagramm Bild 8

$$t_u = 7^\circ \text{ C}$$

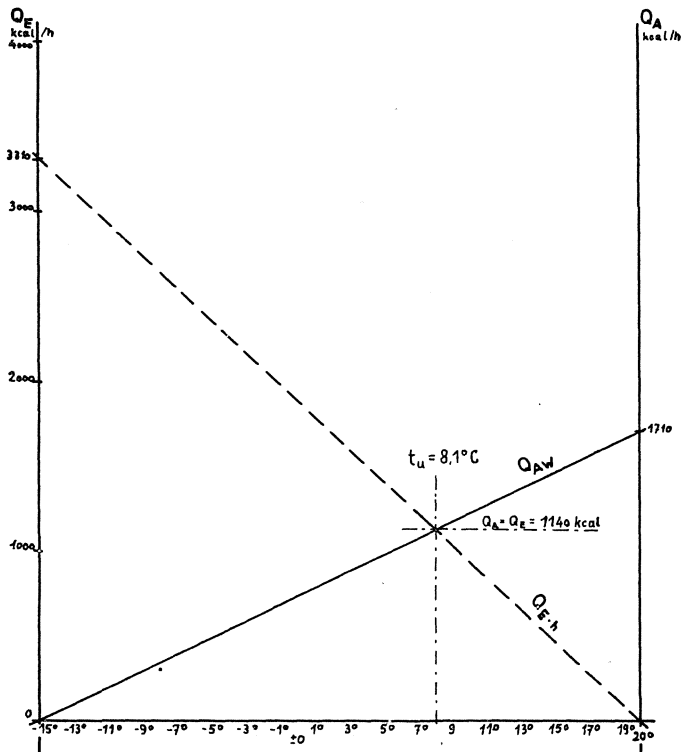


Bild 7 · Bestimmung  $t_u$  Beispiel 1 mit Einbezug des Z-Faktors auf  $Q_{A+L}$  u.  $Q_E$

Diese Problematik bedarf noch einer eingehenden, bis in die Belange der DIN 4701 eingreifenden Debatte, für die aber in unserem vorliegenden Bericht nicht Raum genug zur Verfügung steht. Wir lassen es somit bei dieser Unklarheit als einer offenen Frage bewenden und wollen uns damit abfinden, entsprechend der Gepflogenheit, im Zweifelsfalle mit dem ungünstigsten Moment zu rechnen, d. h. also in unserem Falle für die Praxis vorläufig  $Q_E$  ohne den Z-Faktor einzusetzen.

Wir betrachten jetzt einen Fall aus der Praxis, in dem der Anteil  $Q_L$  einen maßgeblichen Einfluß auf die Größenbestimmung des Raum-Wärmebedarfes einnimmt.

Es soll sich um das Dachgeschoß unseres Bürogebäudes handeln, für das schon gemäß Tabelle 3 die Größenbestimmung

$$Q_{AO} = 24570 \text{ kcal/h}$$

$$\text{und } Q_{EO} = 6660 \text{ kcal/h}$$

gemacht wurde, und wir wollen jetzt die Einflußnahme von  $Q_L$  näher untersuchen.

Betreten wir einen mit Wäschestücken zum Trocknen behängten Dachboden, dessen Dachflächen aus Schieferplatten oder Ziegelpfannen bestehen, dann erleben wir hier, je nach der anfallenden Windstärke, eine angeregte Bewegung der Wäschestücke als den Beweis eines nicht geringen Kaltlufteinfalles.

In unserem Beispielfalle haben wir es mit einer auf 22 mm Holzschalung verlegten Schieferplattenverkleidung zu tun. Diese Unterlagsschalung, stumpf aneinander gelegt und auf dem Dachgebälk vernagelt, hat im ausgetrockneten Zustand eine Kluftung zueinander von mindestens 4 bis 5 mm, durch die, wenn auch durch die überlappt verlegten Schieferplatten überdeckt, ein Kaltlufteinfall erfolgt, dessen Fugendurchlässigkeit wir vorsichtigerweise gering mit dem Term  $a = 2, \text{—/m}$  Fugenlänge annehmen wollen.

Schalbrettbreite 16 cm, das sind  $6,25 \text{ Stück/m}^2 = 6,25 \text{ m Fugenlänge/m}^2$  Dachfläche.

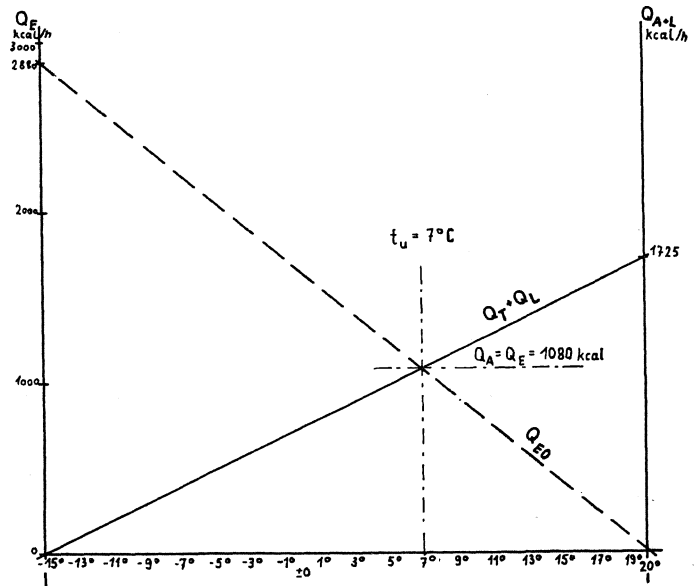


Bild 8 · Bestimmung  $t_u$  Beispiel 1 mit Einbezug des Z-Faktors auf  $Q_{A+L}$

Angeblasene Dachfläche  $113,30 \text{ m}^2$

$$\% 6,30 \text{ m}^2 = 107 \text{ m}^2$$

$$107 \times 6,25 = 668,75 \text{ m Fugenlänge}$$

Dachfläche im Lee  $113,30 \text{ m}^2$

$$113,3 \times 6,25 = 708,15 \text{ m Fugenlänge.}$$

Unter Einsatz der Größen  $H = 0,34 R = 0,9$  und der Grenzwertannahme  $t_u = 20^\circ \text{ C}$  errechnet sich

$$Q_L = (668,75 \times 2)_A + (708,15 \times 2)_N \cdot 0,34 \cdot 0,9 \cdot [20 - (-15)]$$

$$= 32247 \text{ kcal/h}$$

Der Dachboden ist als großer Raum aus leichten Wänden mit übernormaler Höhe anzusprechen, für den gemäß DIN 4701—5.4 die üblichen Zuschläge in der Wärmebedarfsberechnung fortfallen.

Wir haben es also zu tun mit

$$Q_{AO} = 24570 \text{ kcal/h}$$

$$+ Q_L = 32247 \text{ kcal/h } 56817 \text{ kcal/h}$$

$$\text{und } Q_{EO} = 6660 \text{ kcal/h}$$

Die Ablesung aus dem Diagramm Bild 9 ergibt

$$t_u = -11,2^\circ \text{ C}$$

Zur rechnerischen Bestimmung der Wärmegleichheit bedarf es eines Kunstgriffes. Dem Diagramm Bild 4 entnehmen wir, daß sich der Schnittpunkt der beiden Extrem-Geraden  $Q_A/Q_E$  auf der  $F.k$ -Komponenten = 675,2 der  $Q_A$  Geraden abspielt.

Wir müssen jetzt diesen spezifischen Wärmeverlust- $F.k$ -Wert durch die Mitbeeinflussung von  $Q_L$  auf seinen angemessenen (theoretisch-äquivalenten) Wert bringen.

Gemäß Tabelle 3 ist der Faktor  $675,2 \times 35 = 23630 \text{ kcal/h}$  mit 96 % am Endergebnis  $Q_A = 24570 \text{ kcal/h}$  beteiligt, folglich ist der obenerrechnete  $Q_L$ -Wert =  $32247 \text{ kcal/h}$  als  $32247 \times 0,96 = 30957$  anteilig zuzuschlagen:

Somit

$$\begin{aligned}
 Q_A &= 23630 \text{ kcal/h} \\
 + Q_L &= 30957 \text{ kcal/h} \\
 &= 54587 \text{ kcal/h}
 \end{aligned}$$

und daraus der *F.k*-Wert

$$\frac{54587}{35} = 1559,63 \text{ kcal/h/m}^2 \cdot \text{°C} \cdot \text{h}$$

Die rechnerische Bestimmung der Wärmegleichheit

$$Q_A \text{ DA-Gb-EF } 1559,63 \times (15 - 11,2) = 5925 \text{ kcal/h } 20^\circ$$

$$\begin{aligned}
 Q_E \text{ DE-20}^\circ & 108,0 \times [20 - (-11,2)] = 3370 \\
 \text{DE-15}^\circ & 49,2 \times [15 - (-11,2)] = 1290 \\
 \text{DE-12}^\circ & 16,0 \times [12 - (-11,2)] = 370 \\
 \text{WBI-10}^\circ & 34,25 \times [10 - (-11,2)] = 730 \\
 \text{DE-(-3}^\circ) & 9,55 \times (-3 - 11,2) = 80 \quad 9355 \text{ kcal/h}
 \end{aligned}$$

Die Ordinatenablesung aus dem Diagramm Bild 10 ergibt die Wärmegleichheit

$$(Q_A + Q_L) = Q_E = 5900 \text{ kcal/h}$$

Hätten wir es bei der mit Tabelle 1c gegebenen Ablesung  $t_{iu} = -9^\circ \text{C}$  belassen, dann kämen wir zu folgendem Resultat:

$$Q_A \text{ DA-Gb-EF } 1559,63 \times (15 - 9) = 9335 \text{ kcal/h } 20^\circ$$

$$\begin{aligned}
 Q_E \text{ DE-20}^\circ & 108,0 \times [20 - (-9)] = 3130 \\
 \text{DE-15}^\circ & 49,2 \times [15 - (-9)] = 1180 \\
 \text{DE-12}^\circ & 16,0 \times [12 - (-9)] = 335 \\
 \text{WBI-10}^\circ & 34,25 \times [10 - (-9)] = 650 \\
 \text{DE-(-3}^\circ) & 9,55 \times (-3 - 9) = 55 \quad 5350 \text{ kcal/h}
 \end{aligned}$$

Hier haben wir wieder einmal einen eklatanten Beweis dafür wie schon kleine Temperaturunterschiede maßgebliche Abweichungen von der Wärmegleichheit auslösen können und zwar, je größer der Unterschied zwischen  $Q_A$  und  $Q_E$ , umso größer die Anfälligkeit zur Diskrepanz.

Bestimmung  $t_{iu}$  nach DIN 4701-5.6.

$$\begin{aligned}
 Q_A \text{ DA-Gb-EF. } & 1559,63 \times -15^\circ = 23395 \text{ kcal/h} \\
 \text{DE-(-3}^\circ) & 9,55 \times -3^\circ = 28 \text{ kcal/h} \quad -23423 \text{ kcal/h} \\
 F \cdot k & 1569,18
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_E \text{ wie Seite 819} & \\
 F \cdot k & 207,45 \quad 3535 \text{ kcal/h}
 \end{aligned}$$

$$t_{iu} = \frac{-23423 + 3535}{1569,18 + 207,45} = \frac{-19888}{1776,63} = -11,194^\circ \text{C}$$

Nach den nunmehr gemachten Erfahrungen möchten wir jedoch vorschlagen, bei allen  $t_{iu}$ -Bestimmungen deren rechnerische Bestimmung nach DIN 4701-5.6 oder der grafischen Bestimmung nach der Extrem-Methode durchzuführen. Bezüglich unseres Standpunktes eines Einbezuges der Größe  $Q_L$  im Rahmen der  $t_{iu}$ -Bestimmung hoffen wir mit dieser Anregung den Anreiz zu einer fachlichen Diskussion in unserer Zeitschrift gegeben zu haben.

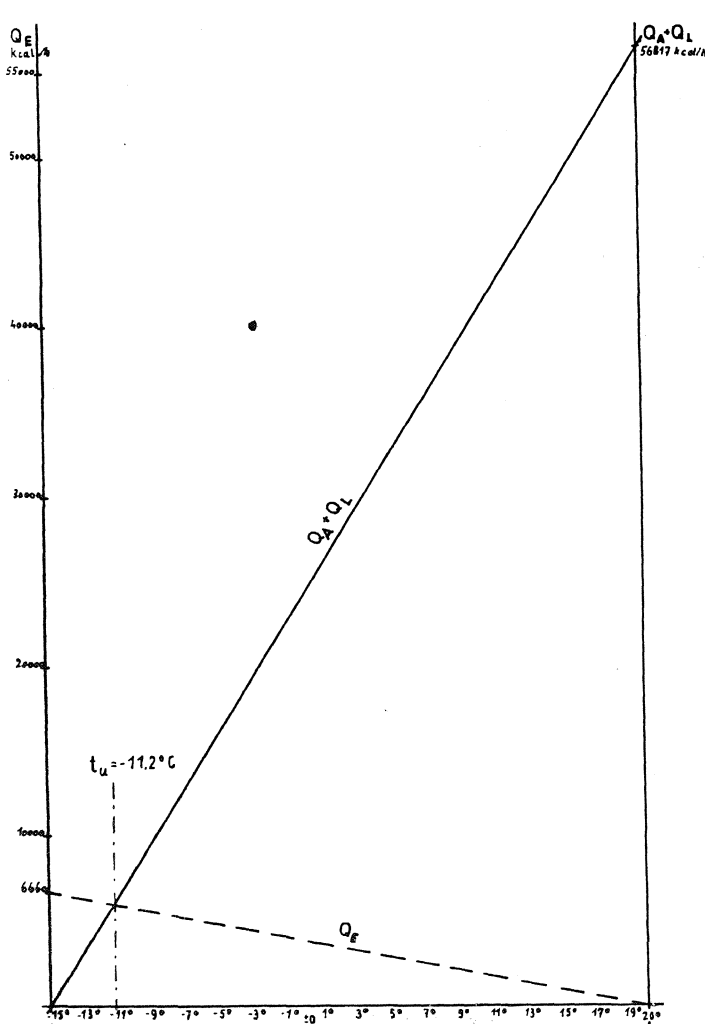


Bild 9 · Bestimmung  $t_{iu}$  Dachgeschoss unter Einbezug von  $Q_L$

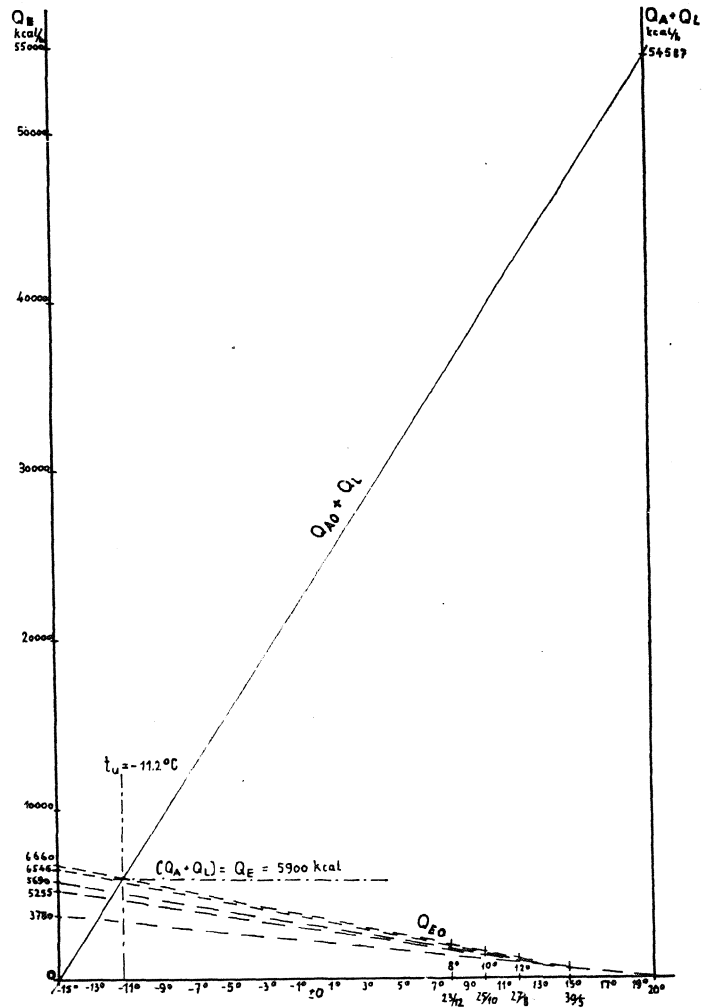


Bild 10 · Bestimmung  $t_{iu}$  und Wärmegleichheit unter Einbezug von  $Q_L$  Bürogebäude